

第 10 章 骨組構造物に関する一般事項

10.1 適用範囲

本章はトラス、ラーメンおよびアーチなどの骨組構造物の設計に適用し、計算にあたっては原則として平面骨組構造解析を前提とする。

【解 説】 トラスとは、部材どうしを結ぶ格点を解析上ピン結合と仮定したもので、計算上部材には軸方向力のみが生じる。ラーメンの場合は格点において剛結合と仮定するので、部材には軸方向力のほか曲げモーメントとせん断力が生じる。

用語の使い方としてトラス、ラーメンとはその構造物全体をさし、構成している部材要素をトラス部材、ラーメン部材と呼ぶ。

トラスには道路橋示方書・解説Ⅱ鋼橋編（日本道路協会）¹⁾に規定される主として水平方向に長い橋梁のほか、送電用支持物設計標準（電気学会）²⁾に規定される鉛直方向に長い送電鉄塔・鉄柱があるが、本章を適用することができる。

アーチとは、上方にほぼ滑らかな曲線になるように直線または曲率をもつ部材を結合した構造物であり、鉛直方向の荷重を受けると両端の支点において、鉛直反力のほかに水平反力が生じる。アーチリブには軸方向力・曲げモーメント・せん断力が生じ、吊材または支柱には軸方向力が生じる。アーチの場合、アーチリブを構成する部材要素のみアーチ部材と呼ぶ。

一般に骨組構造物は立体形状をしているが、全体構造への配慮（10.3, 10.6）を前提にした上で平面骨組構造解析によって設計するのを原則とした。

10.2 部材の設計

10.2.1 一般

骨組構造物個々の部材の設計は 7 章（限界状態の照査）、8 章（部材に関する一般事項）によるものとする。

【解 説】 7 章、8 章では扱っていない圧縮部材の有効座屈長、断面の構成等について次に規定する。

10.2.2 トラス部材の設計

10.2.2.1 断面の構成

(1) 断面の構成にあたっては、断面の図心になるべく断面の中心と一致し、かつ骨組線と一致するように配慮するなど、二次応力をできるだけ小さくするものとする。

(2) 断面を構成する板の組合せにあたっては、溶接部が左右はもとより上下にもなるべく対称な位置にくるように考慮して設計するものとする。

(3) 圧縮力を受ける弦材、端柱および連続トラスの中間支点に取り付く斜材などは、原則と

して箱形または π 形断面とし、かつ垂直軸まわり（トラス面外）の断面二次半径に関する細長比は水平軸まわり（トラス面内）のものよりも小さくするものとする。

(4) 箱形断面においては、トラス面と平行に配置された板の断面積は部材総面積の 40% 以上を標準とする。

10.2.2.2 圧縮部材の有効座屈長

(1) トラス面内

- 1) 弦材の有効座屈長は部材の骨組長をとるものとする。
- 2) ガセットにより弦材に連結された腹材（垂直材および斜材）の有効座屈長は、連結高力ボルトまたはリベット群の重心間距離をとってよい。ただし、骨組長の 0.8 倍以上とする。なお、横方向への拘束を目的とする部材で、部材の両面にガセットを設けない構造では骨組長の 0.9 倍をとるものとする。
- 3) 部材の中間点を他の部材が有効に支持する場合は、その支持点間を有効座屈長としてよい。ここに有効に支持するという意味は、たとえば図 10.1 のように斜材と支材との連結が十分であり、かつ支材が 8.3.5 に規定する圧縮二次部材として設計されている場合をいう。この場合斜材と支材との連結部の強さは、少なくとも斜材と弦材との連結部の強さの 1/4 以上とする。

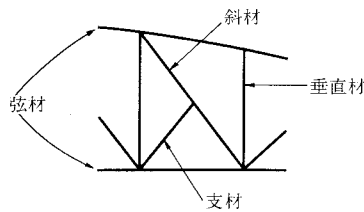


図 10.1 トラスの部材

(2) トラス面外

圧縮部材のトラス面外の有効座屈長は、骨組長をとるのを原則とする。ただし、横方向への拘束を目的とする部材によって横方向に支持される主トラス弦材および腹材は、その支持点間を有効座屈長としてよい。

(3) 軸力の異なるトラス部材の面外有効座屈長

図 10.2 に示す \overline{aa} 部材のように、 \overline{ab} , \overline{ba} で大きさの異なる圧縮力が作用し、トラス面外に支材がない場合、部材 \overline{aa} のトラス面外に対する有効座屈長 l は、式 (10.1) によって求めることができる。

$$l = \left(0.75 + 0.25 \frac{P_2}{P_1} \right) L \dots\dots\dots (10.1)$$

ここに、 P_1 , P_2 は部材 \overline{aa} の各格間 \overline{ab} , \overline{ba} に作用する圧縮力で $P_1 \geq P_2$ とする。また、図 10.3 に示す K トラスの垂直材 \overline{aa} のように、 \overline{ab} , \overline{ba} で符号の異なる軸力が作用し、トラス面外に支材がない場合、部材 \overline{aa} のトラス面外に対する有効座屈長 l は、式 (10.2) によって求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} l &= \left(0.75 - 0.25 \frac{P_2}{P_1}\right) L \quad (P_1 \geq P_2) \\ l &= 0.5 L \quad (P_1 < P_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10.2)$$

ただし、 P_1 は圧縮力の絶対値、 P_2 は引張力の絶対値とする。なお、これらの式は部材 $\bar{a}\bar{a}$ で断面が一定の場合に適用することができる。

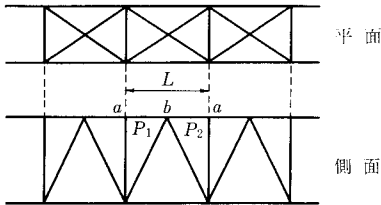


図 10.2 軸力の異なるトラス弦材の面外有効座屈長

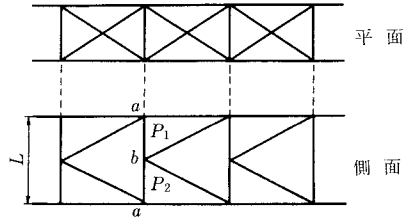


図 10.3 軸力の異なるトラス垂直材の面外有効座屈長

【解 説】 道路橋示方書¹⁾ 10.2.2, 10.2.3の規定に準じた。10.2.2.2 (2)において、トラス面外の有効座屈座屈長として骨組長をとることにしたが、これには主構の格点が10.6の解説に示すように、橋梁でいう横構、対傾構あるいは橋門構などによって十分に横支持されていることが条件になっているので注意のこと。

ここに規定した有効座屈長は式 (5.2) に示す部材の軸方向圧縮強度の算出に用いる。

なお橋梁以外のトラスにおいては部材として鋼管が用いられることもある。

10.2.2.3 組合せ圧縮材

形鋼などによって構成される組合せ圧縮材の設計は次によること。

(1) 組合せ圧縮材の細長比

1) 組合せ圧縮材の強軸 (図 10.4 $x-x$ 軸) まわりの細長比は、単一材として式 (10.3) により算定する。

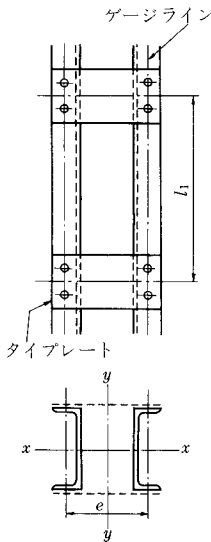


図 10.4 組合せ圧縮材 (タイプレート)

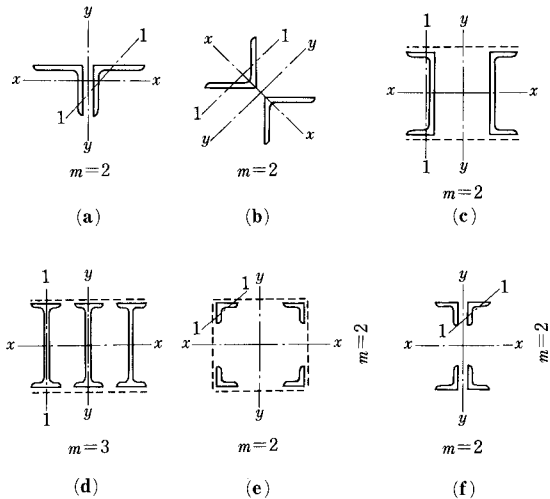


図 10.5 形鋼の数 m

$$\lambda = \frac{l_k}{r} \dots\dots\dots(10.3)$$

ここに、 l_k : 有効座屈長 (cm)

r : $x-x$ 軸についての断面二次半径 (cm)

- 2) 組合せ圧縮材の弱軸 (図 10.4 $y-y$ 軸) まわりについての座屈に対しては、式 (10.3) の細長比を割増しして算定する。(3) の組合せ圧縮材の構造細目に従う場合、式 (10.4) の略算によることができる。

$$\lambda_{ye} = \sqrt{\lambda y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} \dots\dots\dots(10.4)$$

ただし、 $\lambda_1 \leq 20$ のときは

$$\lambda_{ye} = \lambda y \dots\dots\dots(10.5)$$

とみなすことができる。

ここに、 λy : 組合せ材が一体として作用するとみなしたときの細長比

λ_{ye} : 有効細長比

m : つなぎ材 (はさみ板・タイプレート・レーシングバー) によって組合せられる形鋼または形鋼群の数 (図 10.5 に示す)

λ_1 は組合せ圧縮材の形式により以下の式によって求める。

- a) はさみ板・タイプレート形式の組合せ圧縮材 (図 10.4)

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{r_1} \dots\dots\dots(10.6)$$

ここに、 l_1 : 区間長 (cm)

r_1 : 形鋼の最小断面二次半径 (cm)

- b) レーシングバー形式の組合せ圧縮材 (図 10.6)

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{nA_a} \cdot \frac{l_a^3}{l_2 e^2}} \dots\dots\dots(10.7)$$

ここに、 l_2 : レーシングバーの長さの部材軸方向の成分 (cm)

l_a : レーシングバーの長さ (cm)

e : 形鋼の重心軸の間の距離 (cm)

A : 組合せ圧縮材を構成する形鋼断面積の和 (cm²)

A_a : レーシングバーの断面積、ただし、ダブルレーシングの場合には各レーシングバー断面積の和 (cm²)

n : つなぎ材のとりつけ面の数 (図 10.7 に示す)

- c) 有孔カバープレート形式の組合せ圧縮材 (図 10.8)

$$\lambda_1 = 1.7 \sqrt{\frac{l_1}{p} \cdot \frac{l_1}{r_1}} \dots\dots\dots(10.8)$$

ここに、 l_1 : 孔の長さ (cm)

p : 孔のピッチ (cm)

r_1 : 孔の位置における組合せ圧縮材の最小断面二次半径 (cm)

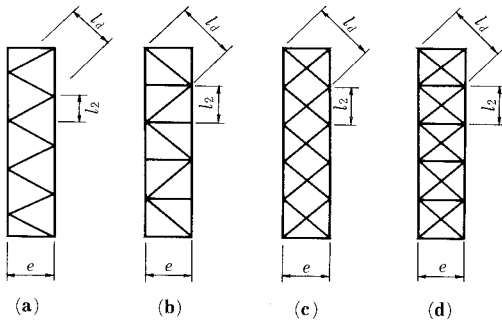


図 10.6 レーシングバー形式の組合せ圧縮材

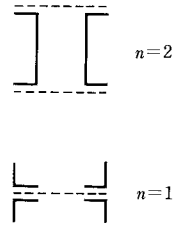


図 10.7 レーシングバー形式の n

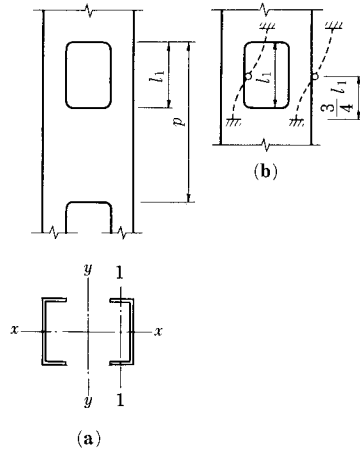


図 10.8 有孔カバープレート形式

(2) 組合せ圧縮材の座屈に伴うせん断力

組合せ圧縮材の各部分は、圧縮力の2%のせん断力が作用するものとみなして設計する。圧縮力のほかにせん断力をうける組合せ圧縮材では、上記のせん断力を加算して設計する。

(3) 組合せ圧縮材の構造細目

- 1) 圧縮材を組立てる連続リベット・高力ボルトあるいは断続溶接のピッチは、構成部材中の最小板厚の $1044/\sqrt{F}$ 倍以下、かつ 30 cm 以下とする。ただし、リベット・高力ボルトが千鳥打ちされるときは、各ゲージラインの上のピッチは上記の値の 1.5 倍以下とする。ここに、 F は表 5.1 に示す設計強度 (kgf/cm^2)。
- 2) はさみ板・タイプレートまたはレーシングバーで分けられた区間数は 3 以上とし、各区間長はなるべく均等になるようにする。
- 3) はさみ板・タイプレート形式では、形鋼の細長比が 50 以下になるように区間長をとる。十型断面では、はさみ板は交互に直角に配置する。レーシングバー形式では、形鋼の細長比が組合せ材の両主軸に関する細長比のうち大きいほうの値以下になるように区間長をとる。
- 4) レーシングバーの細長比は、160 以下とする。
- 5) 形鋼間の距離の大きい組合せ圧縮材の材端部は十分剛なガセットプレートまたはタイプレートに 3 本以上のリベット・高力ボルト、またはこれと同等以上の溶接によって取付ける。

この部分におけるリベットまたは高力ボルトのピッチは径の4倍以下、溶接の場合は連続溶接とする。

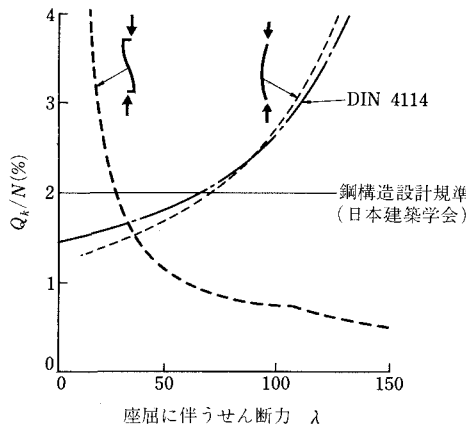
- 6) 有孔カバープレート形式では、孔の長さは孔の幅の2倍以下、孔と孔の内縁間距離は組合せ材のリベットまたは溶接列間距離以上とし、孔の隅角部の半径は5 cm 以上とする。

【解 説】 架設時に使用する鉄塔や鉄柱に用いられる組合せ圧縮材の中にはタイプレート等を用いていて、厳密にはトラス構造とは呼べないものもあるが、便宜的にこの節に含めた。また、組合せ圧縮材に関する規定が昭和55年2月の道路橋示方書¹⁾から削除されたため鋼構造設計規準(日本建築学会)³⁾11.6の条文と解説に準拠して定めた。また以下の解説も同規準による。なお用語については一部変更している。

(1) 図10.4のような組合せ圧縮材の充腹でない軸(y-y軸)についての座屈荷重は、組合せ圧縮材としてのせん断変形の影響で、2つの形鋼が一体になって働く場合より小さくなる。式(10.4)にこのような組合せ材の有効細長比を求める慣用の略算式を示した。なお、式(10.4)中のmは結合される形鋼または形鋼群の数で図10.5のようにとる。

レーシングバー形式の組合せ圧縮材では、式(10.7) [図10.6, 10.7参照] によってλ₁を計算することになっているが、形鋼に比べてレーシングバーの断面積が極端に小さい場合を除き、式(10.7)の与えるλ₁は20以下となるから、式(10.5)が使える。

図10.5(f)をレーシングバー形式の組合せ圧縮材とすると、x-x軸に関してはレーシングバー形式として式(10.7)によりλ₁を求め、y-y軸に関しては、はさみ板形式として式(10.6)によりλ₁を求めなければならない。



解説 図10.1 せん断力 Q_sと軸力 N との比

図10.8のような有孔カバープレート形式の組合せ圧縮材は、孔の位置の断面を素材とする組合せ圧縮材と考えて設計する。式(10.8)は図10.8(b)のような変形を考慮してタイプレート形式と同様な考えによって求めたものである。すなわち、有効細長比は

$$\lambda y e = \sqrt{\lambda y^2 + 2.77 \frac{l_1}{p} \left(\frac{l_1}{r_1} \right)^2} \dots\dots\dots (解 10.1)$$

となるから、

$$\lambda_1 = 1.67 \sqrt{\frac{l_1}{p} \cdot \frac{l_1}{r_1}}$$

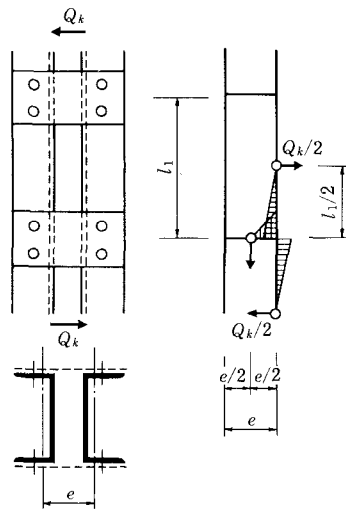
とおけば、式(解10.1)は式(10.4)の形になる。しかし、通常の場合式(10.7)の与えるλ₁は20以下とな

るので、式 (10.5) が使える。

(2) 組合せ圧縮材の座屈に伴うせん断力の考え方はいろいろあり、各国の規定もまちまちである。その一つは Engesser の考え方で、中心圧縮をうけるまっすぐな組合せ圧縮材が座屈してわん曲し、圧縮側の形鋼が降伏する状態までつなぎ材が破壊しないようにしようとするものである。この考え方によると解説 図 10.1 に示すように、座屈に伴うせん断力 Q_k と軸力 N との比は細長比とともに増大する。DIN はこの考えによったものである。

また、圧縮材の両端に反対方向の偏心があるものとして、その耐力時までつなぎ材が健全であるようにするという考え方に従えば、解説 図 10.1 に示すように Q_k/N は細長比が増すに従って減少する。鋼構造設計規準では AISC (2%)、BS 449 (2.5%) にならって細長比と無関係に Q_k/N を 2% とした。

座屈に伴うせん断力 Q_k によってつなぎ材とその接合部あるいは形鋼に応力が生ずるので、これらに対して安全なように設計する。この場合、格子組合せ材では解説 図 10.2 のように仮定して求める。



解説 図 10.2 格子組合せ材の Q_k

(3) 構造細目の 1) は圧縮材を構成する板が、リベットまたはボルト間で局部座屈を起こさないための規定である。なお、組合せ圧縮材には、その剛性を確保するため、やむをえない場合のほか普通ボルトは使用しない。

2) は DIN にならって定めたものである。事実、図 10.4 のような形式のタイプレートを中心に 1 か所設けてもなら耐力が上昇しないことは明らかである。

また、3) ではタイプレート形式の形鋼の細長比が 50 をこえると式 (10.4) が与える危険側の誤差が無視できなくなるために定めた。またレーシングバー形式の場合は形鋼が先に座屈しないために、形鋼の細長比を組合せ材としての細長比より小さくするように規定した。4) に関し、AISC および BS では 140 以下としている。5) の制限は図 10.5(c)~(f) のように、形鋼間隔の広い場合に部材端で形鋼間にずれが生じないようにするためであるから、図 10.5(a), (b) のような構成の場合は除外される。

10.2.2.4 二次応力

(1) トラスの設計にあたっては、格点剛結の影響による二次応力をできるだけ小さくするように配慮しなければならない。

(2) 部材高は、部材長の 1/10 より小さくするのがよい。

【解 説】 道路橋示方書¹⁾ 10.6の規定に準拠した。トラスの格点は剛結に近い構造となることが多く、したがって曲げモーメントが生じることになる。計算の仮定に近づけるためにもこの曲げモーメントを小さくするよう配慮する必要がある。

10.2.2.5 直接荷重を受ける部材

格点以外に荷重が作用する場合には、部材に軸方向力のほか曲げモーメントが生ずるので別途配慮するものとする。

【解 説】 道路橋示方書¹⁾ 10.8の条文では直接床版を支持する上弦材について次のように規定している。主トラスの弦材が直接鉄筋コンクリート床版を支持する構造の場合、その弦材は主トラス部材として算出した応力と床組部材として算出した応力とが同時に作用する部材として設計しなければならない。

10.2.3 ラーメン部材の設計

(1) 有効座屈長

ラーメンの面内座屈に対する有効座屈長 l は表 10.1 を適用してよい。また、ほぼ等断面のラーメンの面外座屈の有効座屈長は、図 10.9 に示す単純なラーメンについてはラーメンの全高の 2 倍をとってよい。なお、特殊な構造形式のラーメンや断面が著しく変化する場合は、別途厳密な固有値解析を行い有効座屈長を求めること。

表 10.1 ラーメン柱の有効座屈長

部材 (図 10.9)		座屈形式	
		面内座屈	
1 層の柱 (①~⑥)	下端固定	$l=1.5h$ $=1.5+0.04(k-5)h$	$k \leq 5$ $5 < k \leq 10$
	下端ヒンジ	$l=3.5h$ $=3.5+0.2(k-5)h$	$k \leq 5$ $5 < k \leq 10$
2 層以上の柱 (⑦~⑧)		$l=1.9h$ $=1.9+0.14(k-5)h$	$k \leq 5$ $5 < k \leq 10$
1 本足の柱 (⑨)		$l=2.0h$	
2 層以上の 1 本足の柱 (⑩)		$l=2.2h$	

$$\text{ここに、} k = \frac{I_c/h}{I_b/L}$$

I_c : 柱の断面二次モーメントの平均値

I_b : はりの断面二次モーメントの平均値

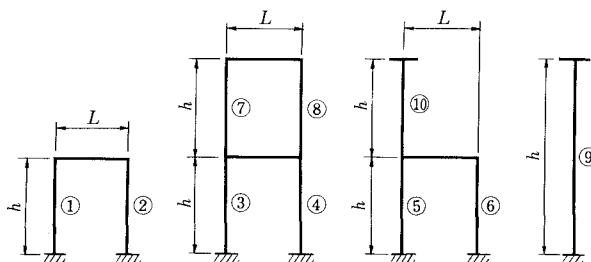


図 10.9 ラーメンの部材長

(2) 軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける部材

軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける部材の安全性の照査は7.2.3によるものとする。この場合、部材の圧縮強度は(1)に示した有効座屈長 l を用いて式(5.2)により求めるものとする。

(3) 曲げ、軸方向力、せん断力の合成に対する照査

軸方向応力度とせん断応力度がともにそれぞれ材料強度の25%以上の場合、7.2.5により安全性を照査するものとする。

(4) 基礎構造の影響

基礎構造物の回転、相対的移動が予想される場合は、その影響を設計において考慮するものとする。

【解 説】 道路橋示方書¹⁾13.4, 13.5, 13.7の条文と解説を参考にして定めた。ラーメン部材は一般に軸方向圧縮力と曲げモーメントを受けるが、柱においては軸方向圧縮力が支配的であるので、軸方向圧縮強度 σ_{cu} を求める際に必要な有効座屈長を定めたものである。

$$l = \beta h \dots\dots\dots (解 10.2)$$

ここに、 h ：図10.9に示すようなそれぞれのラーメンの柱の高さ

表10.1に示す β に関しては、道路橋示方書¹⁾13.5.2の解説において算出根拠が示してある。

一方、ラーメンのはりにおいては、作用する軸方向圧縮力が小さく、主に曲げモーメントにより断面が決定されるのが普通である。特殊な形状、寸法で、かつ軸方向圧縮力が座屈問題として影響を及ぼすような場合には、別途その有効座屈長を決定するものとする⁴⁾。

なお、曲げ圧縮強度 σ_{buc} が必要な場合圧縮フランジの固定点間距離は、安全側の値として

$$l = \left\{ \begin{array}{l} h \text{ (柱)} \\ \text{固定点間距離 (はり)} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (解 10.3)$$

を採用することができる。

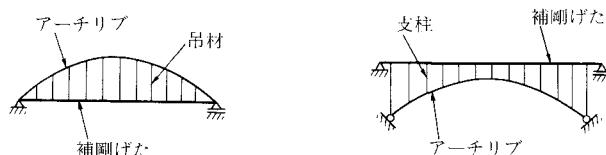
10.2.4 アーチ部材の設計

(1) アーチ部材は軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける部材として設計しなければならない。

(2) 曲げモーメントが小さい場合には軸方向圧縮力のみを受ける部材として扱ってよい。

【解 説】 (1) アーチ部材とは10.1解説で定義したとおりアーチリブをさす。部材の安全性の照査は7.2.3によるものとする。この場合有効座屈長に関しては道路橋示方書¹⁾11.4を参照のこと。

(2) アーチリブと補剛げたからなる補剛アーチの場合において補剛げたの部材高さに対してアーチリブ高さがある程度小さくなると、アーチリブに生じる曲げ応力度が小さくなり、このような場合にはアーチリブを軸方向圧縮力のみを受ける部材として構造解析を行ってさしつかえない。この規定は、曲げモーメントによる応力度



解説 図10.3 アーチ

が、軸方向圧縮力による応力度の10%をこえることがないことを目安に近似的に定めたものである¹⁾。

なお、このような扱いが可能な条件として

- 1) 変位の影響を無視できる。
- 2) アーチ軸線が各格点間で直線である。
- 3) アーチリブの部材高が格間の1/10以下である。

等をすべて満足することが必要であるが、詳細に関しては道路橋示方書¹⁾ 11.5を参照のこと。

10.3 全体構造に関する注意事項

10.3.1 全体座屈の照査

(1) トラス

トラスの全長に比べてトラス主構の間隔が非常に狭いトラスでは、全体座屈について適切な方法により照査するものとする。

(2) ラーメン

一般には10.2.3に従って部材を設計すれば全体座屈の照査は不要であるが、特殊な形式を用いる場合には別途厳密な計算を行って照査するものとする。

(3) アーチ

全体構造の配置、形状および部材断面の選定にあたっては、アーチ面内外への全体座屈が生じないようにしなければならない。

【解 説】 道路橋示方書¹⁾ 10.10, 13.5.2, 11.2の条文と解説を参考に定めた。

(1) トラス

幅が狭くて、しかも長支間のトラスにおいては、平面形状が非常に細長くなり圧縮弦全体が横倒れ座屈を生じるおそれがあるので、照査する必要がある。照査方法については、たとえば鋼道路橋設計便覧⁵⁾ 5.2.3を参照のこと。

(3) アーチ

面内座屈、面外座屈について適切な方法により照査するものとする⁴⁾。なお、複数のアーチリブを並列し、全軸線長にわたって十分な剛性を持つ横構等で補剛した構造において、最外縁のアーチリブ同志の間隔と支間長との比が20以下のアーチ構造の面外座屈については照査不要である。このほか道路橋示方書¹⁾ 11.3変位の影響、11.4アーチの面外座屈にアーチの全体構造に関する注意事項がある。

10.3.2 たわみ

たわみは使用目的に応じて支障のない程度とする。

【解 説】 たわみについては7.5.2によること。

アーチにおいて道路橋示方書¹⁾ 11.8によればたわみ量の算出にあたって、活荷重によって生じる骨組線形状の変化を無視してよいとしている。

ラーメン橋とラーメン橋脚のたわみの限界値に関しては道路橋示方書の条文13.8, 13.9を次に引用する。

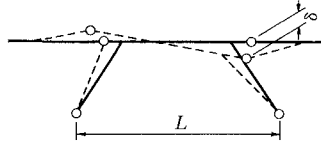
(1) ラーメン橋のたわみ

ラーメン橋の活荷重(衝撃を含まない)による最大たわみは、式(解10.4)を満足しなければならない。

$$\delta \leq \frac{L}{500} \dots\dots\dots (解 10.4)$$

ここに、 δ ：活荷重（衝撃を含まない）による最大たわみ（cm）

L ：支間（cm）（解説 図 10.4）



解説 図 10.4 ラーメン橋のたわみ

(2) ラーメン橋脚のたわみ

主げたをラーメン橋脚で支える場合、活荷重（衝撃を含まない）による最大たわみは次式を満足しなければならない。

$$(\delta_1 + \delta_2) \text{ または } (\delta_2 + \delta_3) \text{ のうち大きい方} \leq \frac{L_1 + L_2 + L_3}{500} \dots\dots\dots (解 10.5)$$

解説 図 10.5 (a) の場合

$$\delta_1 \leq \frac{L_1}{300} \dots\dots\dots (解 10.6)$$

$$\delta_3 \leq \frac{L_3}{300} \dots\dots\dots (解 10.7)$$

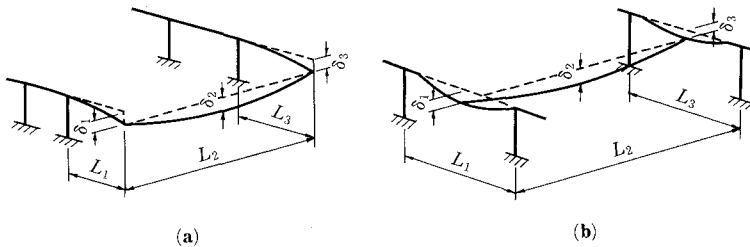
解説 図 10.5 (b) の場合

$$\delta_1 \leq \frac{L_1}{500} \dots\dots\dots (解 10.8)$$

$$\delta_3 \leq \frac{L_3}{500} \dots\dots\dots (解 10.9)$$

ここに、 δ_1, δ_3 ：ラーメン横ばりの主げたの位置でのたわみ

δ_2 ：主げたのたわみ



解説 図 10.5 ラーメン橋脚のたわみ

なお、上式を満足する場合でも、上部構造の応力が δ_1 または δ_3 によって無視し得ない影響を受けると考えられる場合は、主げたを弾性支承上のはりとして解くなどの配慮をしなければならない。

10.3.3 そ り

- (1) 骨組構造物には必要により製作そりを付けるものとする。
- (2) 製作そりは死荷重に対して出来上がり形状を確保できるように付けるものとする。

【解 説】 道路橋示方書¹⁾ 10.9 の条文を参考に定めた。

10.4 連結と格点構造

10.4.1 連 結

部材の連結は 9 章（連結に関する一般事項）によるものとする。

10.4.2 ト ラ ス

(1) 一般

- 1) 格点の設計にあたってはなるべく単純な構造とし、各部材の連結が容易であり、かつ検査や排水、清掃などの維持作業が支障なく行えるように配慮するのがよい。
- 2) 部材に鋼管を用いる構造の場合、9 章のほか 8.9 にもよるものとする。

(2) ガセット

- 1) 部材をガセットに連結する高力ボルトまたはリベットの配置は、部材の軸にできるかぎり対称とし、かつ部材とガセットとの接触面全体に行きわたらせなければならない。
- 2) トラス格点において、弦材のウェブに重ねてガセットをあてる構造で、かつ部材両面にガセットを使用する場合は、ガセットの板厚は鋼材の種類にかかわらず式 (10.9) により算出した値を標準とする。

$$t = 20 \times \frac{P}{b} \dots\dots\dots (10.9)$$

ここに、 t : ガセットの板厚 (mm)

P : そのガセットで連結される端柱または腹材に作用する最大部材力 (tf)

b : そのガセットで連結される端柱または腹材のガセット面に接する部分の幅 (mm)

- 3) ガセットと弦材または端柱のウェブとを一体とする構造では、ガセット板厚はウェブより薄くしてはならず、また式 (10.9) で算出した値以上とする。この場合、フィレット半径 r_f はガセットと一体となる弦材または端柱のウェブの高さ h の 1/5 以上とする (図 10.10 参照)。
- 4) ガセットの最小板厚は 9 mm を標準とする。

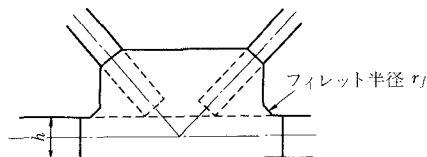


図 10.10 ガセット

10.4.3 ラーメン

隅角部における断面は、横ばりの断面力を柱に円滑に伝達できるように設計するものとする。

10.4.4 アーチ

アーチの吊材または支柱を補剛げたまたはアーチリブに取り付けるにあたっては、連結部に応

力集中や二次応力の発生によって欠陥が生じないように注意する必要がある。

【解 説】 道路橋示方書¹⁾ 10.3, 13.11, 11.7を参考に定めた。なお、隅角部については11.6を参照のこと。

10.5 ダイヤフラムなどによる補剛

10.5.1 トラス

(1) トラスの格点、トラス部材の中間部で横方向への拘束を目的とした部材などを取り付ける個所および現場継手の両側にはダイヤフラムを設けるものとする。ただし、現場継手の両側のダイヤフラムは密閉形とする。

(2) トラス支承部、横げたの取り付け部などのように集中力の作用する場所の弦材およびガセットには、ダイヤフラムを設けて力の伝達が確実に行われるようにする。

10.5.2 ラーメン

荷重の集中点、フランジあるいは腹板の屈折部などには、箱形断面の場合はダイヤフラムを、I形断面の場合は補剛材を設けるものとする。

【解 説】 道路橋示方書¹⁾ 10.4, 13.12の条文を参考に定めた。なお道路橋示方書10.4の解説を以下に引用する。ダイヤフラムには断面の形状を保持する目的のものと、集中力の作用点にあって力の伝達を完全にし、かつ断面の変形を防ぐ目的のものがある。10.5.1(1)は前者に相当し、とくに力学的な照査は必要としない。現場継手部にはハンドホールなどが設けられることが多いが、この場合部材内部を保護するために密閉形のダイヤフラムが必要となる。10.5.1(2)は後者に相当し、プレートガーダーの支点上の補剛材に準じる照査を行って安全を確認することが望ましい。

10.6 横方向への拘束

立体的な機能を確保するために、横方向に十分剛な構造を設けること。これがない場合は立体骨組として別途計算をし、安全性を照査するものとする。

【解 説】 10.2.2トラス部材の設計において、圧縮部材の面外有効座屈長は主構の格点が橋梁という横構、対傾構あるいは橋門構などによって十分に横方向に支持されていることが条件になっている。この場合、横構、ストラット、対傾構および橋門構の設計は道路橋示方書¹⁾ 10.5に準じて行うこと。なお、アーチについてもこれらを適用してよい。

また、橋梁においては上弦材をつなぐ上横構、ストラット等を省略したポニートラスが用いられることがある。この場合上弦材は垂直材と床組からなるU形フレームで支持される。詳細は道路橋示方書10.7を参照のこと。

10.7 下部構造として留意すべき部材

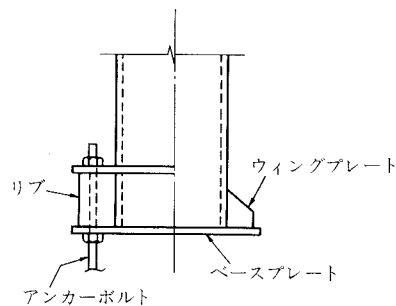
ラーメンの柱の基部等下部構造としての性質を有するとみられる部材は、設計荷重の選定、防食、基礎への力の伝達が十分な構造とするなどの点に留意して設計を行うものとする。

【解 説】 道路橋示方書¹⁾ 13.2, 13.3, 13.13, 13.14 を参考に定めた。ラーメン構造の柱部の土中あるいは水中にある部分は、根巻きコンクリート、防食板、防食塗装などで防護しなければならない。また、閉断面の場合は内部に滞水が生じないようにその構造細目には十分注意しなければならない。

一般にラーメン構造は、その柱基部などにおいて、完全な固定あるいは、完全なヒンジとなっていることを前提として設計されている。したがって、アンカー部の設計の良否がラーメン構造全体の良否に大きく影響する。鋼構造設計規準（日本建築学会）³⁾ 17.1, 17.2 の条文を次に引用する。

(1) 柱脚を固定と仮定する場合

- 1) ウィングプレートとリップを用い、ベースプレートの変形を阻止するとともに、柱主材との接合を完全にするか、または鉄筋コンクリートによって被覆し基礎と一体にする。
- 2) ベースプレート下面と基礎上面とを密着させる。この場合、ベースプレートの面積とアンカーボルトの断面積は、ベースプレートの形状を断面とし、引張側アンカーボルトを鉄筋とする鉄筋コンクリート柱とみなして算定してよい。また、ベースプレートの厚さは、これに加わる反力が補剛材で区分された長方形板に加わるものとして算定することができる。
- 3) 柱脚のせん断力がベースプレート下面とコンクリートとの摩擦力で伝達するとみなすときは、摩擦係数を 0.4 とする。



解説 図 10.4 アンカー部

(2) 柱脚をピンと仮定する場合

柱脚に引張力が作用する場合には、柱脚のせん断力をアンカーボルトに負担させ、引張力とせん断力との組合せを考慮する。

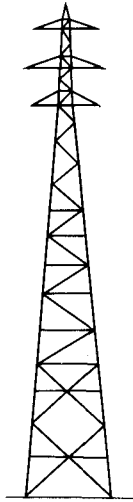
10.8 支点に関する注意事項

解析において支点を固定端として扱う場合、根入れ等の構造細目に十分な注意が必要である。またピンとして扱う場合にも、支承と結合部の設計には入念な配慮を要する。

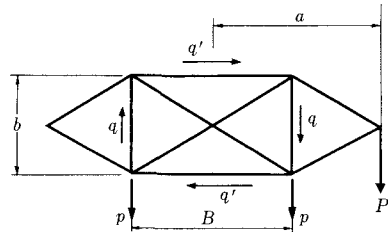
10.9 送電鉄塔に作用するねじりの配慮

支線の不均等張力によって送電鉄塔・鉄柱は、ねじり作用を受ける。この場合の断面力を算定し、構造物を照査するものとする。

【解 説】 解説図10.5に示すトラス形式の送電鉄塔，鉄柱の設計には本章を適用することが可能であるが，固有の現象として積雪や風によって任意の電線が切断し，この結果鉄塔，鉄柱が不均等張力を受ける点に注意する必要がある．本条文は送電用支持物設計標準（電気学会）²⁾3.1の説明33に準拠して定めた．一般にはこれらのねじり力（ねじりモーメント）の算定は高次の不静定となり非常に煩雑となるが，つぎの略算式によって応力を求めてよい．



解説 図10.5 送電鉄塔



解説 図10.6 鉄塔，鉄柱の断面

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{P}{2} \\ q' &= \frac{ba}{B^2 + b^2} P \\ q &= \frac{Ba}{B^2 + b^2} P \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (解 10.10)$$

解説 図10.6に示すように不均等張力 P を2個の同方向の力 p と q, q' の組合せからなるねじり力とに分けて，それぞれの水平力による各部材の応力を算定する．

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅱ鋼橋編，1980年2月．
- 2) 電気学会：送電用支持物設計標準，1983年4月．
- 3) 日本建築学会：鋼構造設計規準，1973年5月．
- 4) 西野文雄・三木千寿・鈴木 篤：道路橋示方書 Ⅱ鋼橋編改訂の背景と運用（第8回），橋梁と基礎，1981年10月．
- 5) 日本道路協会：鋼道路橋設計便覧，1979年2月．